Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 2, May-June 2024, p. 237-247

The Effect of Edible Coatings on the Quality and Storage Life of Cherry cv. Lambert

A.A. Shokouhian[1]*, S. Einizadeh[2], M. Dashti[3]

1, 2 and 3- Associate Professor, Ph.D. Student and M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Authors Email: shokouhiana@yahoo.com)

Received: 07.03.2023 Revised: 05.06.2023 Accepted: 01.07.2023 Available Online: 02.07.2023	**How to cite this article:** Shokouhian, A.A., Einizadeh, S., & Dashti, M. (2024). The effect of edible coatings on the quality and storage life of Cherry cv. Lambert. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 20*(2), 237-247. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81146.1236

Introduction

Cherry, with the scientific name *Prunus avium* L., is one of the most important stone fruit trees in temperate regions, belonging to the Rosaceae family and the Prunoideae subfamily. Edible coatings are thin layers of materials that are used on the surface of the product and are an alternative to protective wax coatings. Chitosan is a coating that has a polysaccharide structure and is composed of glucosamine and N-acetylglucosamine units and is obtained from the shell of crustaceans such as crabs and shrimps. Clear, odorless, non-sticky gel with high and firm absorption power is extracted from the inner parts of aloe vera plant leaves. Between this gel and the outer skin of the leaf, there are special cells that contain a yellow liquid and when this liquid dries, aloe vera juice is produced. This gel is completely healthy and compatible with the environment, and its pH is about 4.5, which can replace various fruit coatings in the post-harvest stage. The purpose of this research was to investigate the combined effect of aloe vera gel and chitosan in maintaining the quality characteristics post harvesting and increasing the shelf life of Lombard cherry fruit.

Materials and Methods

Lambert black cherry fruit was obtained from the garden complex of Moghan Agriculture and Animal Husbandry Company located in Pars Abad city of Ardabil province. they were immediately transferred to the Postharvest Physiology Laboratory, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, for the desired treatments.This study aimed to extend the shelf life of cherry fruit with two edible chitosan coatings (0, 0.5, 1, 1.5% w/w) and aloe vera gel (0, 15%, 30%, 45% w/w) was performed as factorial in a completely randomized design in three replications. The measured parameters were soluble solids, vitamin C, total acidity, anthocyanin, starch, weight loss and firmness of fruit tissue that were evaluated at harvest time and 45 days after harvest.

Results and Discussion

The results of analysis variance showed that the effect of time had significant on cherry fruit flavor (P<0.01). The use of Aloe vera gel had a significant effect (P<0.01) on soluble solids, starch, firmness, fruit flavor and also weight loss (P<0.05). The effect of chitosan treatment also were significant on total soluble solids, starch, firmness, and fruit flavor (P<0.01). Moreover, Interaction effect of aloe vera gel and chitosan treatments on total soluble solids, starch, firmness, and fruit flavor were significant (P<0.01) during at storage time. The compare means showed that the ratio of soluble sugars to total acid was increased. The highest soluble solids and their ratio to total acid were obtained as a result of the using of 45% aloe vera gel with 0.5% chitosan coating. Combining of aloe

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81146.1236

vera gel with 30% and 45% concentrations with chitosan at 1% and 1.5% were able to maintain better firmness of fruit tissue compared to other treatments during storage time.The highest residual starch in the fruit was obtained in using aloe vera gel treatments at concentrations of 15%, 40% and 45% with 1% chitosan during storage. Also, the use of aloe vera gel (all three levels) was exceled compared to control on fruit weight loss. By reducing the activity of ethylene, chitosan causes a delay in ripening and aging and as a result reduces the firmness of the fruit. Aloe vera gel reduces the activity of pectin methylesterase, poly-galactronase and beta-galactosidase. These enzymes destroy the cell wall and soften the fruit.

Conclusion

The interest in using edible coatings to maintain the optimum quality of fruits during the marketing and storage process has increased. Edible coatings can act as a barrier, thereby reducing quality loss, inhibiting gas exchange, controlling respiration rates, and preventing the growth of microorganisms that cause fruit decay. The results clearly indicated the preservation of the quality of cherry fruit with the use of edible coatings compared to the control. The use of the treatment combination of chitosan at a concentration of 1.5% with aloe vera at a concentration of 45% has had a positive and significant effect to maintain the quality of cherry fruit after harvesting. Therefore, the use of this treatment combination is recommended to increase the storage life and maintain the quality of Lambert cherry fruit during the storage period.

Keywords: Aloe vera, Chitosan, Firmness, Storage period, Weight loss

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۳، ص. ۲۴۷-۲۳۷

بررسی اثر پوشش‌های خوراکی بر کیفیت و عمر انبارمانی گیلاس رقم لامبرت

علی‌اکبر شکوهیان[1]* - شهریار عینی‌زاده[2] - مهرداد دشتی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰

چکیده

این بررسی با هدف افزایش عمر انبارمانی میوه گیلاس با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان (در چهار سطح صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) و ژل آلوئه‌ورا (در چهار سطح صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ درصد) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل مواد جامد محلول، ویتامین C، اسیدیته کل، آنتوسیانین، نشاسته، درصد کاهش وزن و سفتی بافت میوه بودند که در زمان برداشت و ۴۵ روز بعد از برداشت مورد ارزیابی قرارگرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان بر طعم میوه گیلاس اثر معنی‌داری داشت. کاربرد ژل آلوئه‌ورا بر صفات مواد جامد محول، نشاسته، سفتی بافت، طعم میوه و کاهش وزن میوه و تیمارهای کاربرد کیتوزان نیز بر مواد جامد محلول، نشاسته، سفتی بافت و طعم میوه اثر معنی‌داری داشتند. همچنین اثر متقابل کاربرد توام ژل آلوئه‌ورا با کیتوزان بر میزان مواد جامد محلول، نشاسته، سفتی بافت و طعم میوه در طی دوره انبارمانی از نظر آماری معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که در طی دوره انبارمانی نسبت قندهای محلول به اسید کل افزایش یافت. بیشترین میزان مواد جامد قابل حل و نسبت آنها به اسید کل در نتیجه کاربرد ۴۵ درصد ژل آلوئه‌ورا همراه با ۰/۵درصد پوشش کیتوزان حاصل شد. ترکیب آلوئه‌ورا با غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ درصد همراه با کیتوزان ۱ و ۱/۵ درصد توانستند سفتی بافت میوه را در طی فرآیند انبارمانی نسبت به سایر تیمارها بهتر حفظ نمایند. بیشترین نشاسته مانده در میوه در طول دوره نگهداری، از کاربرد تیمارهای آلوئه‌ورا در غلظت‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد همراه با کیتوزان ۱ درصد حاصل شد. کاربرد هر سه سطح ژل آلوئه‌ورا بر میزان کاهش وزن میوه نسبت به شاهد برتری داشتند. با توجه به نتایج آزمایش جهت حفظ کیفیت میوه گیلاس در طول انبارمانی استفاده از ترکیب تیماری ۱/۵ درصد کیتوزان و ۴۵ درصد آلوئه‌ورا بعنوان پوشش خوراکی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلوئه‌ورا، انبارمانی، سفتی، کاهش وزن ،کیتوزان

مقدمه

گیلاس با نام علمی *Prunus avium* L. از درختان هسته‌دار مهم مناطق معتدله است که متعلق به خانواده Rosaceae و زیر خانواده Prunoideae می‌باشد (Najafzadeh, 2013).

پوشش‌های خوراکی، لایه‌های نازک از مواد هستند که در سطح محصول به کار برده می‌شوند و جایگزینی برای پوشش‌های محافظ واکسی می‌باشند (McHugh & Senesi, 2000). پوشش‌های خوراکی، کیفیت، سلامت و ثبات خواص فیزیکی محصولات را با ایجاد یک مانع نیمه تراوا به بخار آب، اکسیژن و دی اکسیدکربن، بین محصول و اتمسفر اطراف آن‌ها، باعث افزایش ماندگاری می‌شوند (Lin & Zhao, 2007). این پوشش‌ها ممکن است از پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها، لیپیدها و یا ترکیبی از آن‌ها باشند (Li & Barth, 1998).

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: shokouhiana@yahoo.com)

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81146.1236

کیتوزان[1] پوششی است که ساختمان چند قندی دارد و از واحدهای گلوکزآمین[2] و ان-استیل گلوکزآمین[3] (با اتصالات بتا ۱و ۴) تشکیل شده است و از پوسته سخت‌پوستانی مانند خرچنگ و میگو به‌دست می‌آید (Bautista-Baños *et al*., 2006; Coma *et al*., 2002) کیتوزان، ماده‌ای غیر سمی، زیست‌تجزیه‌پذیر و زیست‌سازگار است (Ardakani *et al*., 2010).

از قسمت‌های داخلی برگ گیاه آلوئه‌ورا ژل شفاف، بی‌بو، بدون چسبندگی و دارای قدرت جذب بالا و سفت استخراج می‌شود. بین این ژل و پوست برگ آلوئه‌ورا سلول‌های ویژه‌ای وجود دارد که حاوی مایع زرد رنگ بوده و با خشک شدن این مایع، شیره‌ی آلوئه‌ورا تولید می‌شود. این ژل کاملاً سالم و سازگار با محیط بوده و pH آن حدودا ۴/۵ است که می‌تواند جایگزین پوشش‌های مختلف میوه در مرحله‌ی بعد از برداشت شود.

میزان تنفس گیلاس در طول نگهداری با بکارگیری پوشش کیتوزان کاهش نشان داده و در نتیجه میزان کل مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتر بالاتر باقی مانده و کاهش وزن در میوه‌های پوشش‌دار شده با کیتوزان و ناتامیسین-کیتوزان کاهش نشان می‌دهد (Zhang *et al*., 2022). براساس گزارش دیگری نسبت به میوه‌های شاهد کم‌ترین کاهش وزن در گیلاس پوشش داده‌شده با کیتوزان در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود (Tokatli & Demirdoven, 2020). چین و همکاران (Chien *et al*., 2007) گزارش دادند که غلظت‌های مختلف کیتوزان باعث تأخیر در کاهش وزن، افزایش میزان اسیدهای آلی و ویتامین C در طی دوره پس از برداشت میوه انبه شد. جیانگ و همکاران (Jiang *et al*., 2001) نشان دادند که میوه‌های *Dimocarpus longan* (لانگون فروت) تیمار شده با کیتوزان در مقایسه با شاهد آب کمتری از دست داده و تیمارهای کیتوزان باعث حفظ بهتر کیفیت میوه ها نسبت به تیمار شاهد شده‌اند (Jiang *et al*., 2001). استفاده از ژل طبیعی آلوئه‌ورا بعنوان پوشش خوراکی در میوه اثرات قابل توجه و مثبتی در کاهش زوال و افزایش امتیاز ویژگی‌های حسی داشته است (Monajem *et al*., 2022). سوگوار و همکاران (Sogvar *et al*., 2016) گزارش دادند ترکیب آلوئه‌ورا به‌عنوان پوشش جهت حفظ کیفیت بعد از برداشت در میوه توت‌فرنگی باعث حفظ کیفیت از نظر ویژگی هایی مثل سفتی میوه، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین C، آنتوسیانین و آنتی‌اکسیدانی کل و کاهش پوسیدگی و رشد کپک‌ها شده است (Sogvar *et al*., 2016).

براساس گزارش هانگ و همکاران (Hong *et al*., 2012) تیمار کیتوزان به‌طور قابل توجهی موجب از دست دادن آب، ایجاد تغییرات کیفی در رنگ، کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون و محتوای ویتامین C در میوه گواوا شد. علاوه بر این موجب تأخیر در کاهش سطوح پلی‌فنل کل، آنتوسیانین و محتوای فلاونوئیدی شد (Hong *et al*., 2012). پوشش کیتوزان، منجر به تأخیر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، قهوه‌ای شدن گوشت و آسیب غشایی شد. کاهش معنی‌دار در پوسیدگی‌های انباری میوه‌های سیب، کیوی، هلو و دیگر میوه‌ها در اثر کاربرد کیتوزان به ثبت رسیده است (Bautista-Baños *et al*., 2006). از فیلم‌های خوراکی بر پایه مواد سلولزی برای پوشش‌دهی محصولاتی نظیر هلو، شلیل، زردآلو، فلفل سبز، آووکادو، پرتقال، گریپ‌فروت، توت فرنگی، گوجه‌فرنگی و لوبیای سبز استفاده شده است (Derakhshan *et al*., 2019; Zapata *et al*., 2008; Rong-Yu & Yao-Wen 2003).

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر پوشش ترکیبی ژل آلوئه‌ورا و کیتوزان در حفظ خصوصیات کیفی پس ازبرداشت و افزایش عمر انبارمانی میوه گیلاس رقم لامبرت بوده است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های گیلاس رقم سیاه لامبرت از مجتمع باغات شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان واقع در شهرستان پارس آباد استان اردبیل تهیه و بلافاصله جهت تیمارهای مورد نظر به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند. این بررسی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو پوشش خوراکی کیتوزان در چهار سطح (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) و ژل آلوئه‌ورا نیز در چهار سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ درصد) در سه تکرار اجرا شد. در ضمن هر تیمار متشکل از ۱۰۰ گرم گیلاس بود. ژل آلوئه‌ورا از بافت پارانشیمی برگ به‌دست آمد. به‌ترتیب پی‌اچ، درجه بریکس و اسیدیته ژل تقریبا برابر با ۵/۶، ۱/۴ و ۰/۰۵ اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم بود. ژل خام با کاهش پی‌اچ به ۳/۷۵ با استفاده از اسید فسفریک تثبیت شد، در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ثانیه حرارت داده شده و سپس در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد خنک شد (Navaro *et al*., 2011).

به‌منظور اعمال تیمارها بعد از غربالگری (از نظر سلامت و اندازه میوه‌ها)، میوه‌ها را ابتدا تحت غلظت‌های مختلف کیتوزان به‌مدت دو دقیقه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور کرده و بعد از خشک شدن سطوح میوه‌ها در دمای محیط تیمارهای ژل آلوئه‌ورا مدت دو دقیقه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اعمال شدند. پس از اعمال تیمارها میوه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در هوای آزاد اتاق خشک شده در ظروف پلاستیکی و

1- Chitosan
2- Glucosamine
3- N-acetyl-D-glucosamine

در دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت (۹۰ تا ۹۵ درصد) در سردخانه نگهداری شدند.

اندازه‌گیری صفات در دو زمان هنگام انبار و ۴۵ روز پس از آن انجام شد. در این بررسی صفات ویتامین C به روش راناگانا (Ranganna, 1986) انجام شد. بدین‌صورت که ۱۰ گرم از میوه با مخلوط‌کن برقی با چند میلی‌لیتر اسید متافسفریک بطور کامل مخلوط شده و سپس با متافسفریک اسید به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت پس از عبور از کاغذ صافی ۱۰ میلی‌لیتر از محلول با معرف رنگی ۶،۲ دی‌کلروفنول ایندوفنل تا ظهور رنگ ارغوانی و پایداری آن بمدت ۱۰ الی ۵ ثانیه تیتر گردید و براساس فرمول زیر میزان آسکوربیک اسید (ویتامین ث) در ۱۰۰ گرم میوه تعیین شد (Mostofi & Najafi, 2005).

وزن نمونه/ (۱۰۰× درجه رقت × اکی‌والان رنگ × حجم رنگ مصرفی) = میزان اسید آسکوربیک در ۱۰۰ گرم میوه

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفرکتومتر مدل OE-ATC France استفاده شد (Mostofi & Najafi, 2005). اسیدیته کل به روش تیتراسیون با محلول NaOH ۰/۱ نرمال تا pH=۸/۲ بر حسب اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم میوه محاسبه شد. برای این منظور پنج میلی‌لیتر آب میوه با ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس تیتر گردید (Mostofi & Najafi, 2005). اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش متانول اسیدی انجام گرفت بدین نحو که یک میلی‌لیتر کلریدریک اسید را با ۹۹ میلی‌لیتر متانول مخلوط کرده ۱۰ میلی‌لیتر محلول بدست آمده را با ۰/۱ گرم بافت میوه را در هاون ساییده و سپس عصاره حاصل را به‌مدت ۲۴ ساعت در محل تاریکی با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس عصاره را بمدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانترفیوژ کرده و محلول رویی را با اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت گردید (Wagner, 1979). برای اندازه‌گیری نشاسته از روش یدید پتاسیم استفاده گردید (Jalili Marandi, 2004). برای اندازه‌گیری وزن، ۶ عدد میوه از هر تکرار توسط ترازوی دیجیتالی مدل EK1200i, Japan اندازه‌گیری شد (Fisk *et al*., 2008). اندازه‌گیری سفتی بافت میوه‌ها نیز با دستگاه پنترومتر مدل FR-5105 انجام شد. برای ارزیابی کیفیت (بازارپسندی) مزه‌ی و عطر میوه‌ها، از تعداد ۱۰ نفر ارزیاب حسی (داده‌های هر تکرار در تیمار میانگین نمره ۱۰نفر ارزیاب است) استفاده شد، ارزیاب‌ها، کیفیت میوه‌های موجود را به‌صورت ثابت، در روزهای نمونه‌برداری، براساس مقیاس هدونیک ۱۰ نقطه‌ای ارزیابی نمودند (Martinez-Romero *et al*., 2007).

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که زمان نمونه برداری اثر معنی‌داری بر طعم میوه گیلاس داشت. کاربرد ژل آلوئه‌ورا بر صفات مواد جامد محلول، نشاسته، سفتی بافت، طعم میوه و کاهش وزن میوه اثر معنی‌داری داشت. کاربرد کیتوزان نیز بر مواد جامد محلول، نشاسته، سفتی بافت و طعم میوه داشت. براساس نتایج این بررسی اثر متقابل کاربرد توام ژل آلوئه‌ورا با کیتوزان اثر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول، نشاسته، سفتی بافت و طعم میوه در طی دوره انبارمانی داشت (جدول ۱). در این بررسی اثر زمان بر طعم میوه گیلاس معنی‌دار بود، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در ۴۵ روز بعد از انبارمانی نسبت قندهای محلول به اسید کل افزایش یافت (شکل ۱).

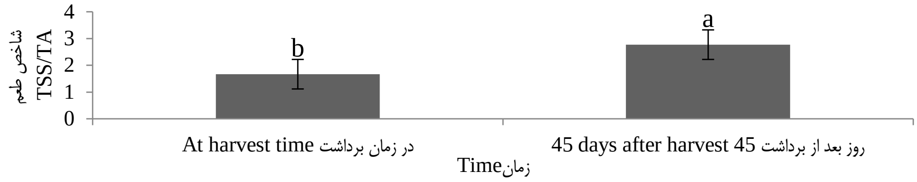
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ژل آلوئه ورا و کیتوزان روی انبارمانی گیلاس رقم لامبرت

Table 1- Variation analysis of the effect of aloe vera gel and chitosan on cherry fruit cv. Lambert storage

منابع تغییرات Source of variation	Df	میانگین مربعات Mean of squers مواد جامد محلول TSS	اسید قابل تیتراسیون TA	ویتامین ث Vitamine C	آنتوسیانین Anthocyanin	نسبت مواد جامد محلول به اسید TSS/TA	سفتی Firmness	کاهش آب Water loss	نشاسته Starch	بازاررسانی Marketing
زمان Time (t)	1	0.77^{ns}	0.0003^{ns}	0.053^{ns}	17.5^{ns}	**26.3	0.034^{ns}	0.135^{ns}	3.75^{ns}	0.13^{ns}
آلوئه ورا Aloe vera (a)	3	**23	0.002^{ns}	0.05^{ns}	20. 9^{ns}	0.12^{ns}	**125.8	*1.871	**37.27	3.385^{ns}
کیتوزان Chitosan (b)	3	**11.5	0.0034^{ns}	0.29^{ns}	60^{ns}	*0.68	**36.3	0.939^{ns}	**25.56	0.673^{ns}
a*t	3	1.424^{ns}	0.0001^{ns}	0.006^{ns}	3.78^{ns}	0. 77^{ns}	0.018^{ns}	0.298^{ns}	1.58^{ns}	0.51^{ns}
b*t	3	2.39^{ns}	0.0001^{ns}	0.0042^{ns}	2. 79^{ns}	0.066^{ns}	0.008^{ns}	0.728^{ns}	7.37^{ns}	0.86^{ns}
b*a	9	**5.36	0.0004^{ns}	0.0143^{ns}	8.13^{ns}	**0.315	**56.6	0.634^{ns}	**17	0.006^{ns}
a*b*t	9	0.431^{ns}	0.0003^{ns}	0.004^{ns}	2.174^{ns}	1.15^{ns}	0.011^{ns}	0.81^{ns}	1.15^{ns}	0.037^{ns}
Error	64	1.5	0.003	0.194	926.9	0.25	0.136	0.538	5.4	1.5
cv %		2.35	2.3	1.2	4.32	2.84	0.83	3.39	4	6.5

غیر معنی‌دار: ns، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد: * و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد: **

ns- not significant, *P≤0.05, **P≤0.01



شکل ۱- اثر زمان روی نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون (طعم) میوه گیلاس رقم لامبرت

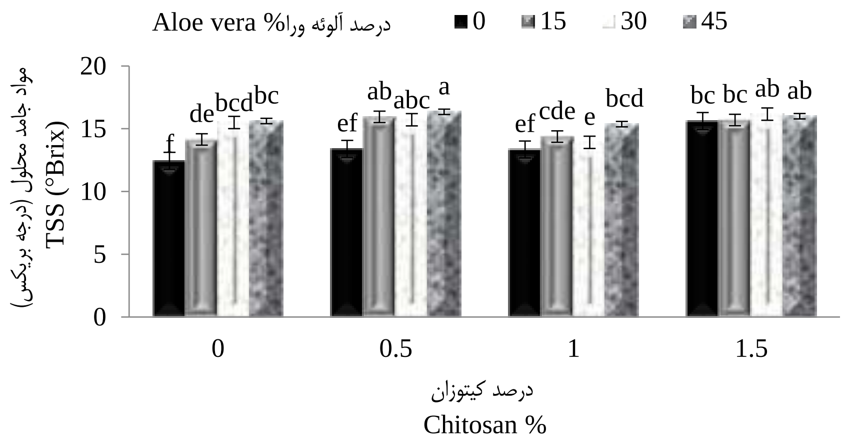
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند.

Fig. 1. The effect of time on the ratio of total soluble solids to titratable acidity of cherry fruit cv. Lambert

means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P \leq 0.05$).

براساس نتایج حاصل میزان مواد جامد محلول تحت تأثیر اثرات متقابل غلظت‌های از کیتوزان و ژل آلوئه‌ورا قرار داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد قابل حل (۱۶/۳۵ درجه بریکس) در نتیجه کاربرد ۴۵ درصد ژل آلوئه‌ورا همراه با ۰/۵ درصد پوشش کیتوزان حاصل شد که البته این نتیجه با تیمارهای ۱۵ و ۳۰ درصد آلوئه‌ورا همراه با کاربرد ۰/۵ درصد کیتوزان و تیمارهای ۴۵ و ۳۰ درصد آلوئه‌ورا با کاربرد ۱/۵ درصد از کیتوزان از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در طول انبارمانی، کمترین میزان مواد جامد محلول (۱۲/۴۵ درجه بریکس) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۲).

طعم میوه نیز تحت تأثیر اثر متقابل پوشش‌های مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بهترین طعم با نسبت ۲/۵ از ترکیب تیماری ژل آلوئه‌ورا ۴۵ درصد همراه با کیتوزان ۰/۵ و ۱ درصد حاصل شد. در این صفت کم‌ترین کیفیت (شاخص طعم میوه= ۲) در تیمارهای شاهد و اثر متقابل کاربرد ۴۵ درصد ژل آلوئه‌ورا همراه با ۱/۵ درصد کیتوزان و همچنین اثر متقابل کاربرد ۱۵ درصد ژل آلوئه ورا بدون کیتوزان به‌دست آمد (شکل ۳). تصور می‌شود که دلیل این افزایش آهسته‌تر اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان و آلوئه‌ورا می‌تواند به‌دلیل کاهش استفاده از اسید آلی در تنفس از طریق پوشش‌ها باشد که به‌عنوان یک مانع عمل می‌کند (Nabifarkhani *et al.*, 2015). نتایج این پژوهش با گزارش توکاتلی و دمیردوون (Tokatli & Demirdoven, 2020) مطابقت دارد و اما در مقابل نیز گزارش کردند که اسیدیته قابل تیتراسیون گیلاس‌های پوشش داده شده با پوشش های خوراکی مختلف همیشه بیشتر از شاهد بوده است (Aday & Caner, 2010). افزایش نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون با افزایش زمان نگهداری میوه‌ها از عواملی مثل تجزیه اسیدهای آلی به قند و نیز تبدیل شدن آنزیم‌های پلی‌ساکاریدی نامحلول به محلول، ناشی می‌شود (Cardenas–Perez *et al.*, 2017).

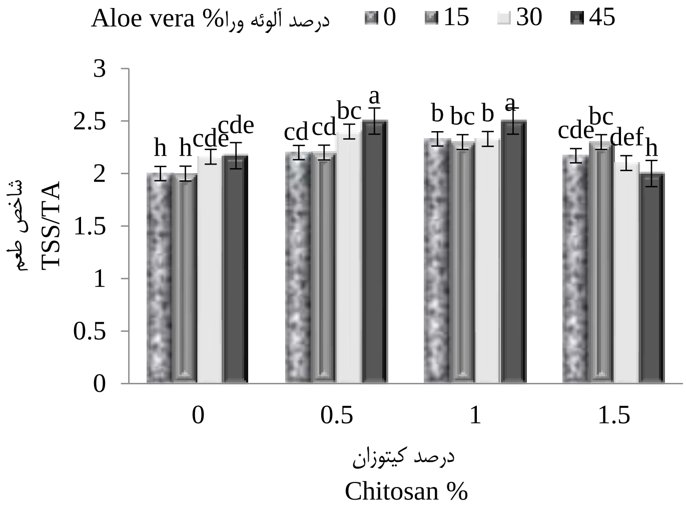


شکل ۲- اثر متقابل کیتوزان و آلوئه‌ورا روی مواد جامد محلول میوه گیلاس رقم لامبرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند.

Fig. 2. The interaction of Chitosan and aloe vera gel on the TSS of cherry fruit cv. Lambert

means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P \leq 0.05$).



شکل ۳- اثر متقابل کیتوزان و آلوئه‌ورا روی نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون میوه گیلاس رقم لامبرت

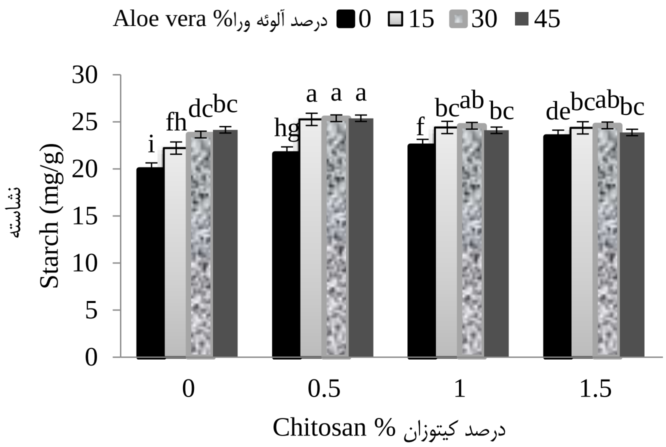
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند.

Fig. 3. The interaction of Chitosan and aloe vera gel on the TSS/TA of cherry fruit cv. Lambert

means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P \leq 0.05$).

پوشش خوراکی طبیعی آلوئه‌ورا توانایی ایجاد یک مانع مضاعف بر فرآیندهای متابولیکی محصول را دارد و بدلیل محدود ساختن تبادلات گازی مابین میوه و محیط موجب حفظ ویژگی‌های کیفی و حسی محصول می‌شود (Monajem *et al.*, 2022).

براساس نتایج حاصل، اثر متقابل تیمارها بر میزان نشاسته موجود در میوه گیلاس در طی فرآیند انبارمانی از نظر آماری دارای اثر معنی داری بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نشاسته (۲۵/۳۸) مانده در میوه بعد از ۴۵ روز نگهداری، از کاربرد تیمارهای آلوئه‌ورا در غلظت‌های ۳۰،۱۵ و ۴۵درصد همراه با کیتوزان ۱ درصد حاصل شد و کمترین مقدار نیز در تیمار شاهد بود (شکل ۴). ژل آلوئه‌ورا سبب حفظ محتوای مواد جامد محلول و اسیدهای آلی میوه توت‌فرنگی شد (Farajpur & Sheikhloui, 2021). هر عامل محدود کننده تنفس و تولید اتیلن می‌تواند به واسطه کاهش مصرف قندها از کاهش موادجامد قابل حل جلوگیری کند. پوشش‌های خوراکی با کاهش تبادل گازها از اتلاف آب جلوگیری کرده و باعث تثبیت اجزای دیواره سلولی مانند پلی‌یورونیدها و همی‌سلولزها و نیز کاهش تنفس و حفظ میزان مواد جامد محلول می‌شوند. پوشش کیتوزان به‌دلیل ایجاد یک لایه نیمه تراوا در اطراف میوه، همچنین ایجاد یک اتمسفر تغییر یافته داخلی موجب کاهش تنفس و تولید اتیلن و جلوگیری از اثر اتیلن شده، در نتیجه باعث حفظ مواد جامد قابل حل و افزایش عمر محصول می‌شود (Bautista-Baños *et al.*, 2006; Jiang *et al.*, 2005). همچنین کیتوزان با ایجاد یک حصار فیزیکی در مقابل تلفات رطوبتی از دهیدراسیون و چروکیدگی میوه‌ها جلوگیری کرده و با کاهش تنفس باعث کاهش مصرف مواد ذخیره‌ای در سلول‌ها شده است (Herinandez-Muñoz *et al.*, 2006). براساس گزارش مانوج (Manoj *et al.*, 2016)، فلفل تیمار شده با محلول کیتوزان ۱ درصد، کمترین مواد جامد محلول و بالاترین اسید را در پایان دوره نگهداری داشت. پوشش کیتوزان باعث حفظ وزن، عطر، طعم، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در طول انبارداری میوه انبه شده است (Manoj *et al.*, 2016). براساس گزارش حسن‌پور (Hassanpour, 2015) روی تمشک و فرج پور و شیخاویی روی توت فرنگی (Farajpur & Sheikhloui, 2021) میوه‌های تمشک و توت فرنگی که با ژل آلوئه‌ورا پوشش داده شده بودند از کیفیت پس از برداشت بهتری نسبت به شاهد برخوردار بودند. تیمار هلو و آلو با ژل آلوئه‌ورا در پس از برداشت باعث شد در هر دو میوه به‌طور قابل‌توجهی تولید اتیلن به تأخیر افتاده و تغییر در صفاتی مثل کیفیت، تغییر رنگ، کاهش اسیدیته، افزایش در شاخص طعم میوه (کل مواد جامد محلول/ کل نسبت اسیدیته) در میوه پوشش داده شده به‌تأخیر افتاد (Hassanpour, 2015). براساس گزارش درخشان و همکاران (Derakhshan *et al.*, 2019) ترکیب تیماری ژل آلوئه ورا ۴۵ درصد با پوتریسین ۲ درصد باعث حفظ درصد بیشتری از موادجامد محلول در هلو در طول دوره انبارمانی شده بود. این گزارش‌ها با نتایج حاضر در یک راستا می‌باشند.



شکل ٤- اثر متقابل کیتوزان و آلوئه‌ورا روی نشاسته میوه گیلاس رقم لامبرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند

Fig. 4. The interaction of Chitosan and aloe vera gel on the starch of cherry fruit cv. Lambert

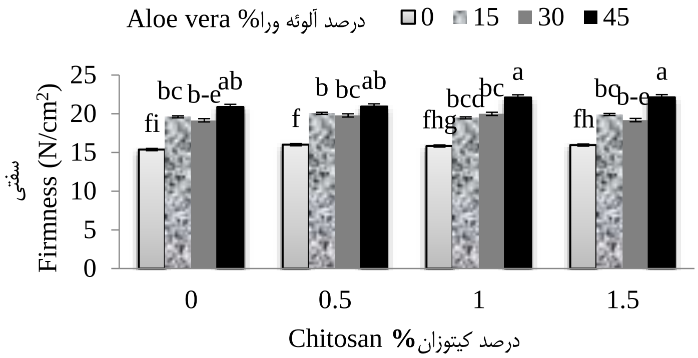
Means with same letters in each column have not difference based on LSD test ($P \leq 0.05$).

سفتی میوه نیز تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارها بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میوه‌های گیلاس تحت تأثیر آلوئه‌ورا با غلظت های ۳۰ و ۴۵ درصد همراه با کیتوزان ۱ و ۱/۵ درصد توانستند سفتی بافت خود را در طی فرآیند انبارمانی نسبت به سایر تیمارها بهتر حفظ نمایند. در این صفت تیمار شاهد کم‌ترین سفتی را بعد از ۴۵ روز دوره انبارمانی داشت (شکل ۵). کاهش تولید اتیلن در میوه‌ی تحت پوشش ژل آلوئه‌ورا، در نتیجه تغییر اتمسفر درونی است که شامل افزایش CO_2 و کاهش O_2 است. ژل آلوئه‌ورا سبب کاهش فعالیت پکتین متیل استراز[1]، پلی‌گالاکتروناز[2] و بتاگالاکتوزیداز[3] می‌شود. این آنزیم‌ها سبب از بین رفتن دیواره‌ی سلولی گردیده و موجب نرم شدن میوه می‌شوند (Bourtoom, 2008).

دانگ و همکاران (Dong *et al*., 2004) گزارش کردند که تیمارهای کیتوزان باعث افزایش ماندگاری و افزایش عمر پس از برداشت میوه‌های لیچی بدون پوست شده است و تأثیر کیتوزان ۲ درصد در مقایسه با کیتوزان ۱ و ۳ درصد بیشتر بوده است (Dong *et al*., 2004). هانگ و همکاران (Hong *et al*., 2012) نیز گزارش کردند که کیتوزان با کاهش فعالیت اتیلن، باعث تأخیر در رسیدن و پیری و در نتیجه کاهش سفتی میوه گواوا شده است. این گزارش‌ها نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌کنند.

براساس نتایج، وزن میوه در ۴۵ روز دوره انبارمانی تحت تأثیر تیمارهای ژل آلوئه‌ورا قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان از دست‌دهی وزن میوه با کاربرد ژل آلوئه‌ورا به‌دست آمد و سطوح مختلف ژل آلوئه‌ورا اختلاف معنی‌داری بر این صفت نداشتند، درحالی‌که بیشترین کاهش وزن میوه در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۶). این ژل با ایجاد لایه‌ی حفاظتی روی محصول، محافظت سلول‌های زیر لایه‌ای، کاهش اتلاف آب میوه، کاهش سرعت عبور گازها از پوست از طریق ایجاد پوشش روی عدسک‌ها و روزنه‌ها و در نتیجه تغییر اتمسفر اطراف محصول می شود. در واقع استفاده از ژل آلوئه‌ورا بعنوان پوشش طبیعی برای میوه ایجاد یک مانع فیزیکی نیمه تراوا در مقابل تبادلات اکسیژن، دی‌اکسید کربن و رطوبت می‌کند که منجر به کاهش از دست‌دهی آب محصول می‌شود (Monajem *et al*., 2022). بال (Bal, 2013) گزارش داد که پوشش خوراکی کیتوزان در کاهش از دست‌دهی وزن میوه و تنفس و به تأخیر انداختن فساد میوه آلو نقش داشته است. پوشش ژل آلوئه ورا قادر به بهبود برخی خصوصیات (جلوگیری از افت رطوبت و حفظ سفتی بافت) توت شده است (Farajpur & Sheikhloui, 2021). کاربرد پوشش‌های خوراکی بر کاهش تنفس، تأخیر در پیری، کاهش وزن در انگور (Shokouhian *et al*., 2021) و توت فرنگی (Herinandez-Muñoz *et al*., 2006) گزارش شده است. ژل‌آلوئه‌ورا کیفیت میوه‌های برداشت شده را حفظ و عمر قفسه‌ای آن‌ها را افزایش می‌دهد و سبب حفظ محتوای مواد جامد محلول، اسیدهای آلی میوه شده و از کاهش وزن محصول جلوگیری می‌کند (Bourtoom, 2008) این گزارشات با نتایج این تحقیق همخوانی دارند.

1- Pectin methylesterase
2- Polygalacturonase
3- β-galactosidase

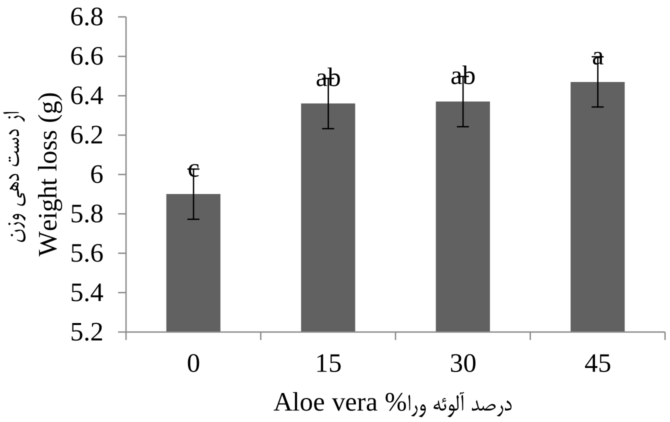


شکل ۵- اثر متقابل کیتوزان و آلوئه‌ورا روی سفتی میوه گیلاس رقم لامبرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند

Fig. 5. The interaction of Chitosan and aloe vera gel on the firmness of cherry fruit cv. Lambert

Means with same letters in each column have not difference based on LSD test (P≤0.05).



شکل ٦- اثر آلوئه‌ورا روی کاهش وزن میوه گیلاس رقم لامبرت

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد غیر معنی‌دار هستند

Fig. 6. The effect of aloe vera gel on weight of cherry fruit cv. Lambert

Means with same letters in each column have not difference based on LSD test (P≤0.05).

نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، مشتریان توجه زیادی به سمت مواد سازگار با محیط‌زیست داشته‌اند بنابراین، علاقه‌مندی به استفاده از پوشش‌های خوراکی برای حفظ وضعیت بهینه کیفیت میوه‌ها در طول فرآیند بازارسانی و انبارمانی افزایش یافته است. پوشش‌های خوراکی می‌توانند به‌عنوان یک مانع عمل کنند و در نتیجه کاهش افت کیفیت، مهار تبادل گاز، کنترل نرخ تنفس و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌هایی که باعث پوسیدگی میوه می‌شوند را کاهش دهند. نتایج بخوبی نشانگر حفظ کیفیت میوه گیلاس با کاربرد پوشش‌های خوراکی در مقایسه با شاهد بود. استفاده از ترکیب تیماری کیتوزان به غلظت ۱/۵ درصد همراه با آلوئه‌ورا به غلظت ۴۵ درصد برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه گیلاس اثر مثبت و قابل‌توجهی داشته است. لذا استفاده از این ترکیب تیماری برای افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه گیلاس رقم لامبرت در طول دوره انبارداری توصیه می‌گردد.

References

1. Aday, M.S., & Caner, C. (2010). Understanding the effects of various edible coatings on the storability of fresh cherry. Packag. *Technology Science*, *23*, 441–456. https://doi.org/10.1002/pts.910
2. Ardakani, M.H., Moghadam, M., Saeednia, S., & Pakdin-Parizi, Z. (2010). Epoxidation of alkenes with NaIO4 catalyzed by an efficient and reusable natural polymer supported ruthenium (III) salophen catalyst. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 1-6. https://doi.org/10.1007/s13738-015-0774-x
3. Bal, E. (2013). Postharvest application of chitosan and low temperature storage affect respiration rate and quality of plum fruits. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *15*(6), 1219-1230.
4. Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A.N., Velazquez-Del Valle, M.G., Hernández-López, M., Barka, E.A., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C.L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, *25*(2), 108-118. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.010
5. Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, *15*(3).
6. Cardenas -Perez, S., Chanona -Perez, J., Mendez -Mendez, J.V., Calderon -Dominguez, G., Lopez -Santiago, R., Perea -Flores, M.J., & Arzate -Vazquez, I. (2017). Evaluation of the ripening stages of apple (Golden Delicious) by meansof computer vision system. *Biosystems Engineering*, *159*, 46-58. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.009
7. Chien, P.J., Sheu, F., & Yang, F.H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, *78*(1), 225-229. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.022
8. Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., & Deschamps, A. (2002). Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *Journal of Food Science*, *67*(3), 1162-1169. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09470.x
9. Derakhshan, N., Shokouhian, A.A., & Fathi achachelooee, B. (2019). Effect of putrescine and aloe vera gel on biochemical indices of peach fruit var. red top during storage life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *15*(1), 159-170. https://doi.org/10.22067/ifstrj.v0i0.72680
10. Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., & Jiang, Y. (2004). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, *64*(3), 355-358. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.11.003
11. Farajpour, P., & Sheikhloie, H.(2021). Study on edible coating effect, based on aloe vera gel and thymol on the postharvest quality and storage life of strawberry. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, *112*, 18, 81-95. https://doi.org/10.52547/fsct.18.112.81
12. Fisk, C.L., Silver, A.M., Strik, B.C., & Zhao, Y. (2008). Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, *47*(3), 338-345. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.07.015
13. Hassanpour, H. (2015). Effect of aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit. *LWT-Food Science and Technology*, *60*(1), 495-501. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.049
14. Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J., & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, *39*(3), 247-253. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.006
15. Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, *144*, 172–178. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002
16. Jalili Marandi, R. (2004). *Post-Harvest Physiology*. Jihad-Daneshgahi Pub. Urmia, pp, 624.
17. Jiang, Y., & Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, *73*(2), 139-143. https://10.1016/S0308-8146(00)00246-6
18. Jiang, Y., Li, J., & Jiang, W. (2005). Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT-food Science and Technology*, *38*(7), 757-761. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.004
19. Li, P., & Barth, M.M. (1998). Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*, *14*(1), 51-60. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00020-9
20. Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *6*(3), 60-75. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x
21. Manoj, H.G., Sreenivas, K.N., Shankarappa, T.H., & Krishna, H.C. (2016). Studies on chitosan and aloe vera gel coatings on biochemical parameters and microbial population of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under ambient condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *5*(1), 399-405. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.501.039

22. Martinez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J.M., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo, S., & Valero, D. (2007). Influence of "carvacrol" on survival of "Botrytis cinerea" Inoculated in table grapes. *International Journal of Food Microbiology*, *115*(2), 144-148. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.015
23. McHugh, T.H., & Senesi, E. (2000). Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, *65*(3), 480-485.
24. Monajem, S., Ganjloo, A., & Bimakr, M. (2022). Evaluation and kinetics modelling of some postharvest characteristics changes of cherry tomato coated with fresh aloe vera gel during storage at different temperatures. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *18*(119), 17-33. https://doi.org/10.52547/fsct.18.119.17
25. Mostofi, Y., & Najafi, F. (2005). *Laboratory analytical methods of Horticultural Sciences*, Institute of Tehran University Publications and Printing, 136.
26. Nabifarkhani, N., Sharifani, M., Daraei Garmakhany, A., Ganji Moghadam, E., & Shakeri, A. (2015). Effect of nano-composite and Thyme oil (*Tymus vulgaris* L.) coating on fruit quality of sweet cherry (Takdaneh Cv) during storage period. *Food Science & Nutrition*, *3*, 349-354. https://doi.org/10.1002/fsn3.226
27. Najafzadeh, R. (2013). *Organic culture of cherries*. Sarva Publishing Press, pp. 158.
28. Navarro, D., Díaz-Mula, H., Guillén, F., Zapata, P., Castillo, S., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2011). Reduction of nectarine decay caused by *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium digitatum* with aloe vera gel alone or with the addition of thymol. *International Journal of Food Microbiology*, *151*, 241–246.
29. Ranganna, S. (1986). *Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products*. Tata McGraw-Hill Education.
30. Rong-yu, Z., & Yao-wen, H. (2003). Influence of hydroxypropyl methylcellulose edible coating on fresh-keeping and storability of tomato. *Journal of Zhejiang University Science*, *4*(1). https://doi.org/109-113. 10.1631/jzus.2003.0109
31. Shokouhian A.A., Letafatt F., Fathi-Achachlouei B., Asghari A., & Olfatti R. (2021). Investigation the effect of corn zein and wheat gluten on quality characteristics and storage life of grape cv. rasmi Meshkin. *Journal of Horticultural Science*, *34*(4), 693-703. https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V34I4.87246
32. Sogvar, O.B., Saba, M.K., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *114*, 29-35. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019
33. Tokatlı, K., & Demirdöven, A. (2020). Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, *259*, 108656. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108656
34. Wagner, G.J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, *64*(1), 88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88
35. Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *88*(7), 1287-1293. https://doi.org/10.1002/jsfa.3220
36. Zhang, C., Gong, H., & Liu, Y. (2022). Effects of postharvest coating using chitosan combined with natamycin on physicochemical and microbial properties of sweet cherry during cold storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, *214*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.057